

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-252113

(43)Date of publication of application : 09.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/304  
B24B 37/04  
G01B 11/06  
H01L 21/66

(21)Application number : 05-037627

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 26.02.1993

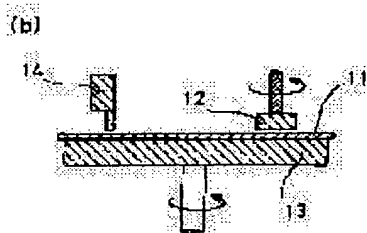
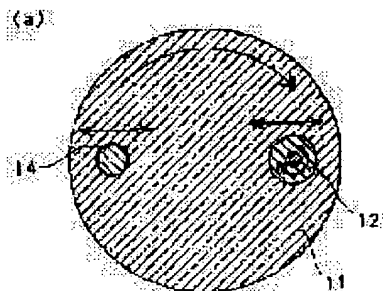
(72)Inventor : FUJII MINORU  
NISHIO MIKIO  
NOMURA NOBORU

## (54) METHOD FOR FLATTENING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To make the surface of a semiconductor substrate flat by grinding a film deposited on the substrate on which an irregular pattern is formed while the thickness of the film is always monitored with a grinding device equipped with a single or plurality of grinding heads which are sufficiently smaller than the substrate.

**CONSTITUTION:** After sticking a silicon substrate 11 on which a film is deposited after forming an irregular pattern to a substrate holding turntable 13 turning on its axis with the main surface of the substrate 11 up, the main surface of the substrate 11 is ground by moving a grinding head 12 turning on its axis in the radial direction of the head 12 while the head 12 is press-contacted with the main surface. During the grinding operation, the average film thickness of the substrate 11 on its circumference is always monitored with a film thickness measuring device, since the detecting head section 14 of the measuring instrument is controlled so that the section 14 can be always positioned on the same circumference as that of the head 11 on the substrate 11. Film thickness data are sent to a computer and the grinding is carried on toward the central part from the outer peripheral section or toward the outer peripheral section from the central part of the substrate 11 while the position or grinding amount of the head 12 is controlled based on the film thickness data.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

- [Claim 1] The flattening method of the semiconductor substrate characterized by grinding the aforementioned film on the aforementioned substrate to rotate, and carrying out flattening of the aforementioned substrate front face with polish equipment with the polish head smaller than the aforementioned substrate, always detecting the thickness of the aforementioned film after depositing a film on the substrate front face in which the uneven pattern was formed.
- [Claim 2] The flattening method of a semiconductor substrate according to claim 1 that the position of a polish head smaller than the aforementioned substrate which grinds the aforementioned substrate by moving to radial [ of a substrate ], rotating, and the position of the detection head section of thickness-measurement equipment are characterized by controlling the position of the detection head section of the aforementioned thickness-measurement equipment as it is always on the same periphery on the aforementioned substrate.
- [Claim 3] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 2 characterized by always acting as the monitor of the thickness distribution within a substrate side by measuring thickness, making the detection head section of thickness-measurement equipment move reciprocally to radial [ of a substrate ] regardless of the position of the polish head on a substrate earlier than the traverse speed of a substrate.
- [Claim 4] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 1 characterized by always acting as the monitor of the thickness distribution within a substrate side with the thickness-measurement equipment which equipped radial [ of a substrate ] with two or more thickness detection heads located in a line with the single tier.
- [Claim 5] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 1 characterized by having two or more polish heads.
- [Claim 6] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 5 characterized only by rotating by not moving two or more polish heads.
- [Claim 7] The flattening method of a semiconductor substrate according to claim 6 that the medial axis of two or more polish heads is characterized by making it not lap with the medial axis of a substrate.
- [Claim 8] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by covering with two or more polish heads densely on a substrate.
- [Claim 9] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by making it make a substrate revolve around the sun only not only in own rotation.
- [Claim 10] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by grinding installing each detection head section of thickness-measurement equipment equipped with two or more detection head sections in the arbitrary positions where a polish head does not exist on a substrate, and always detecting a thickness distribution of the aforementioned film.
- [Claim 11] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by controlling the rotational frequency of two or more polish heads for each head of every based on the thickness distribution data of the film on a substrate.
- [Claim 12] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by controlling the pressure put on two or more polish heads based on the thickness distribution data of the film on a substrate for each head of every.
- [Claim 13] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by controlling the amount of supply of the solution which contains the abrasive material supplied on the aforementioned substrate front face from two or more polish heads based on the thickness distribution data of the film on a substrate for each head of every.
- [Claim 14] The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 6 characterized by controlling the temperature of two or more polish heads for each head of every based on the thickness distribution data of the film on a substrate.
- [Claim 15] After irradiating the white light and searching for the wavelength dependency of the reflection factor of the aforementioned substrate on a substrate with a concavo-convex pattern, by carrying out the Fourier transform of the spectrum of the aforementioned reflection factor The reflection factor spectrum from the film which deposited the aforementioned reflectance spectrum on the heights of the aforementioned uneven pattern. The flattening method of the semiconductor substrate according to claim 1 characterized by measuring simultaneously the thickness of the film deposited on the membranous thickness and membranous heights which divided into the reflection factor spectrum from the film deposited on the crevice of an uneven pattern above, and were deposited on the crevice of the aforementioned uneven pattern.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the flattening process in manufacture of a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] An element manufacturing process becomes in three dimensions increasingly, and the level difference of equivalent to the processing size needed for the substrate of a semiconductor or the height beyond it comes to be formed as the degree of integration of LSI improves and detailed-ization of an element progresses. If it leaves the level difference which has such a steep and complicated configuration in a substrate to the substrate as it is, various problems as shown below will arise.

[0003] (1) Since the optimal focal positions differ by the upper and lower sides of the level difference section at a photo lithography process, pattern precision deteriorates.

(2) At an etching process, if the thickness in the level difference section becomes thick in order to use anisotropic etching, it will be easy to produce the etching remainder.

[0004] (3) If the metal of wiring material is deposited by the spatter etc., the coverage of the film in the level difference section will fall, and the reliability of wiring will fall.

The technology of advancing processing is becoming increasingly important, losing a level difference to a substrate and carrying out flattening of the front face to it in an LSI manufacturing process, in order to solve such a problem.

[0005] As a conventional flattening method, the applying method (SOG (Spin on Glass)), fluidization (BPSG flow), the etchback method, etc. have mainly been used (for example, Seijiro Furukawa's micro-machining admission Ohm-Sha Ltd. 1989). However, by these methods, although the local comparatively flat front face could be obtained, the flatness which can be satisfied in the comparatively large range covering several mm was not obtained. It is becoming impossible moreover, to be satisfied also about local flatness with high integration of the latest LSI.

[0006] The method of needing with chemical machinery polish as a method of reaching far and wide and obtaining a flat front face attracts attention (for example, S.Sivaram et al. SolidState Tech. May 1992 p.87). After this method deposits a film on the semiconductor substrate front face in which the pattern was formed, it cuts off heights by polish and it carries out flattening of the front face. It is shown that a substrate front face reaches far and wide very much by this method, and various metals (aluminum, W, Cu), an oxide, etc. which were deposited on the semiconductor front face are ground by flatness now.

[0007] An example of the flattening method by the above-mentioned chemical machinery polish is explained referring to a drawing below. The important section of the polish equipment used for the above-mentioned chemical machinery polish is shown in drawing 6.

[0008] In drawing 6, the sign 1 shows the substrate presser-foot fixture, and after forming a detailed uneven pattern by the repeat of film deposition, photo lithography, and dry etching, the substrate 2 which deposited the film on the whole surface has pasted the undersurface of this substrate presser-foot fixture 1 removable for example, by vacuum adsorption. The abrasive cloth 4 is formed in the upper surface of a turntable 3 in which it is located under the substrate presser-foot fixture 1 on the other hand. While carrying out a pressure welding to the abrasive cloth 4 of a substrate 2 with the aforementioned substrate presser-foot fixture 1, the principal plane of the substrate 2 pasted up on the undersurface of the substrate presser-foot fixture 1 is ground by rotating a turntable 3 and the substrate presser-foot fixture 1. To an abrasive cloth 4, the solution containing abrasive materials, such as colloidal silica of weak alkalinity, is supplied as a slurry in the case for example, of silicon-oxide polish in that case. Moreover, a polyurethane pad etc. is used as a polish pad on a turntable 3.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it is very difficult to, grind the substrate 2 which passed through various processes with a sufficient precision extensive moreover by the above polish methods. Usually, by aging of abrasive-cloth 4 self, if it is in polish using the above polish equipments, the problem that polish speed falls arises as polish progresses. Therefore, although an abrasive cloth 4 is reproduced or operation of making polish time increase experientially in consideration of the fall of polish speed etc. is needed whenever it processes one substrate 2, in any case, it is hard to say that a controllability is good. In order to raise a controllability, it is necessary to detect the thickness of the film on a substrate 2 on that spot during polish. However, with the above composition, since the whole surface of the principal plane of a substrate 2 is in contact with the abrasive cloth 4, thickness of the film deposited on the principal plane of a substrate 2 during polish cannot be measured.

[0010] Furthermore, although the substrate 2 which passed through various processes has generally curved in a convex or concave, with the above polish equipments, only the core of a substrate 2 will be alternatively ground as it is the case where could not grind the film deposited on the substrate 2 which curved uniformly, for example, it curves in a convex.

[0011] this invention was made in view of this point, and aims at offering the flattening method of the substrate characterized by performing polish with a very sufficient controllability which is not influenced by aging of an abrasive cloth which grinds the film deposited on the substrate front face of a semiconductor. Furthermore, this invention aims at offering the flattening method of the substrate which can grind the film deposited on the substrate which curved uniformly, even when the substrate has curved in a convex or concave.

[0012] About the purpose of others of this invention, and the new feature, it will become whether to be Ming from

description and the accompanying drawing of this specification.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention grinds the aforementioned substrate with polish equipment equipped with the polish head smaller than the substrate of a semiconductor. The field where a polish head does not exist exists on a substrate, thickness is measured on that spot during polish using the portion, and the terminal point of polish is detected correctly.

[0014] Furthermore by this invention, it grinds using the thickness detection equipment which was made to move the detection head section of thickness detection equipment in a substrate top, or was equipped with two or more detection head sections, acting as a monitor on that spot, while grinding the thickness distribution within a substrate side. The aforementioned film is ground controlling the position of a polish head, the pressure put on a polish head based on the aforementioned thickness distribution data. Furthermore by this invention, two or more polish heads smaller than a substrate are used simultaneously. Furthermore, by this invention, it covers with two or more polish heads sufficiently smaller than the substrate which only rotates on a substrate, and they are ground.

[0015]

[Function] It is possible to always grind the desired amount of polishes, without being influenced by aging of a polish head since it is possible to detect the thickness of the film always deposited on the substrate during polish according to this invention. Moreover, a polish head is smaller than a substrate enough, and since the space on most front faces of a substrate is exposed, it is possible to compute on that spot using the thickness detection equipment which was made to move the detection head section of thickness detection equipment in a substrate top, or was equipped with two or more thickness detection head sections, while grinding the thickness distribution within a substrate side. Based on the thickness distribution within the aforementioned substrate side, the position of the aforementioned polish head and the amount of polishes by the aforementioned polish head are controlled, and it becomes possible to also grind uniformly the film deposited on the substrate which curved how. That is, when grinding only a periphery preferentially when the substrate has curved in concave, or having curved in the convex, it can prevent grinding only a core preferentially. The fall of the polish speed by using a small head is prevented using further two or more polish heads, and a polish speed of the same grade as a conventional method is obtained, having the feature which was excellent in the above.

[0016]

[Example] (Example 1) With reference to a drawing, one example of this invention is explained below.

[0017] The important section of the polish equipment used by this invention is shown in drawing 1. In drawing 1, the sign 13 shows the substrate maintenance turntable. After forming an uneven pattern by film deposition, photo lithography, and the repeat of etching on the substrate maintenance turntable 13, the diameter of 150mm or the 200mm silicon substrate 11 which performed film deposition has pasted up for example, by vacuum adsorption. In this example, the substrate maintenance turntable 13 is designed so that it may only rotate. On the other hand, in the upper surface of a silicon substrate 11, it is smaller than a silicon substrate 11 enough, for example, the polish head 12 with a diameter of 50mm is arranged on it. The polish head 12 has structure which can move to radial [ of a silicon substrate 11 ], rotating. On the other hand, the detection head section 14 of thickness-measurement equipment is installed in the polish head 12 on a silicon substrate 11, and a symmetrical position. Synchronizing with the radial movement of the silicon substrate of the polish head 12, the detection head section 14 of thickness-measurement equipment is constituted so that it may move to radial [ of a silicon substrate ].

[0018] Next, the procedure of flattening by the polish using this equipment is described. The principal plane of a silicon substrate 11 is ground by making the polish head 12 rotate to it, and making it move a silicon-substrate 11 top to radial [ of a silicon substrate 11 ], while carrying out the pressure welding of the polish head 12 to the principal plane of the silicon substrate 11 pasted up on the substrate maintenance table 13. At this time, rotation of the substrate maintenance table 13 is also performed simultaneously. When grinding the silicon oxide deposited on the silicon substrate 11, as an abrasive material, colloidal silica is distributed in solution, for example, and that by which PH adjustment was carried out is used for weak alkalinity by KOH. An abrasive material is supplied on a silicon substrate 11 from the center of the polish head 12. Moreover, for example, a polyurethane pad is attached in the polished surface of the polish head 12, and let this be an abrasive cloth at it. During polish, since the detection head section 14 of thickness detection equipment is controlled to always be located on the same circle as the polish head 12 on a silicon substrate 11, it always acts as the monitor of the thickness of the average on the periphery in which the polish head 12 on a silicon substrate 11 exists with thickness-measurement equipment. The thickness data obtained by thickness detection equipment are sent to a computer, and a computer advances polish toward a core or the core of a silicon substrate 11 to the periphery section from the periphery section of a silicon substrate 11, controlling the position of the polish head 12, the pressure put on the polish head 12, the rotational frequency of the polish head 12, the amount of the abrasive material supplied from the polish head 12, the temperature of the polish head 12, etc. based on the aforementioned thickness data.

[0019] Since it is grinding acquiring the thickness of an average of the periphery section currently ground to the practice on a silicon substrate 11 according to this example, polish can be correctly ended by desired remnants thickness. Moreover, since it is grinding always acquiring the thickness of a polish portion from a silicon substrate 11 as another large feature of this example using the sufficiently small polish head 12, not only the film deposited on the flat silicon substrate 11 but the film deposited on the silicon substrate 11 which curved in a convex or concave can be evenly ground in the form where it curved in the configuration of a silicon substrate 11. That is, when grinding only a periphery preferentially when the silicon substrate 11 has curved in concave, or having curved in the convex, it can prevent grinding only a core preferentially.

[0020] In this example, while it does not grind from the periphery section of a silicon substrate 11 by moving from a core or the core of a silicon substrate 11 only at once toward the periphery section and target polish thickness grinds the polish head 12 about 1/100 per round trip, it can grind flatly more by repeating movement to radial [ of the silicon substrate 11 of the polish head 12 ], and performing it.

[0021] In this example, the detection head section 14 of thickness-measurement equipment was moved synchronizing with the position of the polish head 12, and it controlled so that the detection head section 14 always existed on the same periphery on the polish head 12 and a silicon substrate 11. As another method of acting as the monitor of the thickness of the average on the same periphery as the point of polish, the position of the thickness detection head section 14 is not synchronized with the position of the polish head 12, for example, there is a method of making a silicon-substrate 11 top move reciprocally at about 10 times [ of the traverse speed of the polish head 12 ] speed, always acting as the monitor of

the thickness toward radial. Since it is possible to advance polish according to this method, the thickness distribution not only the thickness on the periphery under present polish but on a silicon substrate 11 being obtained, and grasping the situation of the polish over the silicon-substrate 11 whole, the flat nature of the silicon substrate 11 after polish can be raised more.

[0022] Furthermore, by arranging in a single tier the detection head section 14 of the thickness-measurement equipment which equipped radial [ of a silicon substrate 11 ] with two or more thickness detection head sections 14 instead of the detection head 14 section of the thickness which moves at the aforementioned high speed Since it is possible to advance polish while the thickness distribution on a substrate 11 is obtained on real time and grasps the situation of the polish covering the silicon-substrate 11 whole, the flat nature of the silicon substrate after polish can be raised more.

(Example 2) The polish method of the substrate of an example 1 is a very simple method, and is the method of having been very much excellent which can judge the terminal point of polish correctly. However, since the polish head is small, polish speed falls from the conventional example. this example is related with the polish method which raises polish speed, having all the features of an example 1.

[0023] The important section of the polish equipment used by this invention is shown in drawing 2 . The composition of equipment is almost equivalent to the polish equipment ( drawing 1 ) of an example 1. As a difference from an example 1, three polish heads 22 exist and each is controlled independently. Each polish head 22 is designed so that it can move to radial [ of a silicon substrate 21 ] freely, and it is also possible that each also exists on the same periphery on a silicon substrate 21 and to be located in arbitrary positions. Moreover, the thickness-measurement equipment equipped with two or more polish heads of example 1 publication as thickness detection equipment is used, and the thickness detection head train 24 is arranged radial [ of a silicon substrate 21 ].

[0024] The procedure of flattening by the polish using this equipment is fundamentally equivalent to an example 1 except three polish heads 22 existing. It acts as the monitor of the thickness distribution of the film on a silicon substrate 21 on real time with thickness-measurement equipment equipped with two or more detection head trains 24. Based on the aforementioned thickness distribution data, the amount of the abrasive material supplied from the position of each polish head 22, the pressure put on each polish head 22, the rotational frequency of each polish head 22, temperature, and each polish head 22 etc. is controlled independently, and a silicon substrate 21 is ground evenly.

[0025] Since thickness data are covered over the control section of the polish head 22 for feedback, acquiring the thickness of the periphery section currently ground to the practice on a silicon substrate 11 like an example 1 according to this example, polish can be correctly ended by desired remnants thickness. Moreover, since it is grinding always acquiring the thickness of a polish portion from a silicon substrate 21 using the sufficiently small polish head 22, not only the film deposited on the flat silicon substrate 21 but the film deposited on the silicon substrate 21 which met a convex or concave can be evenly ground in the form where it curved in the configuration of a silicon substrate 21. Furthermore, the above-mentioned performance can be maintained, raising polish speed sharply from the polish method of an example 1, since it has two or more polish heads 22.

[0026] Although this example showed the case where the number of the polish heads 22 was thrcc, how many pieces are sufficient, and unless the number of the polish heads 22 can install the train 24 of the head section of thickness-measurement equipment and it interferes in the movement of each polish head 22 mutually, polish speed improves, so that the number of the polish heads 22 increases.

(Example 3) The polish method of an example 1 and an example 2 has the outstanding feature that the film which deposited the terminal point of polish on the silicon substrate which curved in that it is correctly detectable and a convex, or concave can also be evenly ground in the form where it curved in the configuration of a silicon substrate. this example is the flattening method of the silicon substrate which carries out flattening of the silicon substrate (for example, silicon substrate from which the center of a convex or concave has shifted [ center / of a silicon substrate ] also in the silicon substrate which has curved in a convex or concave) in which not only the film deposited on the silicon substrate which the polish method of examples 1 and 2 was evolved further, and curved in a convex or concave but the front face was more intricately uneven to high speed more. With reference to a drawing, this example is explained below.

[0027] The important section of the polish equipment used by this example is shown in drawing 3 . In drawing 3 , the sign 33 shows the substrate maintenance turntable. After forming an uneven pattern by film deposition, photo lithography, and the repeat of etching on the substrate maintenance turntable 33, the silicon substrate 31 with a diameter of 200mm which performed film deposition has pasted up for example, by vacuum adsorption. On the other hand, two or more polish heads 32 are densely covered with the whole surface of a silicon substrate 31 with the wrap form on the upper surface of a silicon substrate 31. The diameter of each polish head 32 is set to about 40mm. It differs in examples 1 and 2, and each polish head 32 only rotates and the polish head medial axis 36 is being fixed. An abrasive material is supplied to the front face of a silicon substrate 31 from the core of each polish head 32. The crevice between each polish \*\*\*\*\* 32 and the polish head 32 is equipped with the detecting element 34 of a thickness detection machine, and the thickness in each point is measured on real time.

[0028] Next, the procedure of flattening by the polish using this equipment is described. While carrying out the pressure welding of two or more polish heads 32 with which it was covered on the silicon substrate 31 at the principal plane of the silicon substrate 31 pasted up on the substrate maintenance turntable 33, each polish head 32 is made to rotate and the principal plane of a silicon substrate 31 is ground. In the case of polish, as one of the features of this example, when not only rotation but revolution carries out the substrate maintenance table 33, the principal plane of a silicon substrate 31 is ground more to homogeneity. As an abrasive material in the case of polish, when grinding a silicon oxide, for example, colloidal silica is distributed in solution, and since it is KOH, that by which PH adjustment was carried out is used for weak alkalinity. Moreover, for example, a polyurethane pad pastes the polished surface of the polish head 32, and it is used for it as an abrasive cloth. It acts as the monitor of the thickness in each point under polish and on a silicon substrate 31 with thickness detection equipment with two or more detection head sections 34. The thickness data obtained by thickness detection equipment are sent to a computer, and a computer calculates the position on the silicon substrate 31 of each measurement point from the data of rotation of a silicon substrate 31, and revolution, and computes the thickness distribution data on a silicon substrate 31 on real time. A computer grinds a silicon substrate 31 evenly, changing the load applied to each polish head 32 based on the aforementioned thickness distribution data.

[0029] According to this example, like examples 1 and 2, since thickness data are covered over the control section of the polish head 32 for feedback, always acquiring the thickness of the film on a silicon substrate 31, polish can be correctly

ended by desired remnants thickness. Moreover, it becomes possible by not moving the polish head 32 sufficiently smaller than each silicon substrate 31, and fixing to a certain position on a silicon substrate 31 to install the head section 34 of thickness detection equipment between the polish head 32 on a silicon substrate 31, and the polish head 32. By processing the rotation speed of the acquisition timing of the signal from each detection head section 34, and a silicon substrate 31, and the revolution radius and speed of a silicon substrate 31 by computer, the thickness-measurement point on a silicon substrate 31 can be identified correctly, and it becomes possible to measure the thickness not only in the thickness of the average on each periphery on a silicon substrate 31 but each point on a silicon substrate 31. the thickness distribution on the obtained silicon substrate 31 — a basis — by controlling the pressure put on \*\*\*\*\* and each polish head 32. Only not only in the film deposited on the silicon substrate 31 which the film on the flat silicon substrate 31 did not reach for saying, but curved in a convex or concave. It can grind evenly in the form where the film deposited on the silicon substrate 31 (for example, silicon substrate 31 from which the center of a convex or concave has shifted [ center / of a silicon substrate 31 ] even when a convex and concave have curved) with the shape of more complicated surface type also curved in the configuration of silicon-substrate 31 front face. Furthermore, since it has covered with the polish head 32 densely, polish speed can be raised sharply.

[0030] In addition, in this example, although the pressure put on each polish head 32 as the method of the polish speed control for each polish head 32 of every was changed, the polish speed by each polish head 32 is controllable also by changing the rotational frequency of each polish head 32. Moreover, the polish speed by each polish head 32 is controllable also by controlling the amount of the slurry supplied to a wafer from each polish head. Moreover, the polish speed by each polish head 32 is controllable also by equipping each polish head 32 with a heater, and controlling the temperature of the aforementioned heater. Furthermore, the polish speed by each polish head 32 is controllable by combining two or more control of the temperature of the pressure put on each above-mentioned polish head 32, the rotational frequency of each polish head 32, the amount of the slurry supplied to a silicon substrate 31 from each polish head 32, and each polish head 32.

[0031] It is grinding in the above and examples 1, 2, and 3, acting as the monitor of the thickness of the film on a silicon substrate, while grinding in any case. The thickness detection in the case of an uneven pattern being formed in a silicon substrate and having deposited the film on it is comparatively difficult. Next, the thickness detecting method used by this example is shown. As shown in drawing 4, the substrate which formed the polysilicon party turn 102 with a height of 1 micrometer on the silicon substrate 101, and formed the silicon oxide 103 with a thickness of 2.5 micrometers on it is ground. Target remnants thickness is on a polysilicon party turn, and may be 0.5 micrometers.

[0032] The spectrum of the reflection factor of a substrate is measured by the usual method learned well, using the white light sources, such as a tungsten lamp, as the light source. Drawing 5 (A) and (b) are reflection factor spectrums acquired from the pattern of drawing 4. In this example, the range of 1.5 to 4eV was used as energy of an incident light. energy — increasing — \*\* — in this energy range, increasing, while the reflection factor which is not vibrates originates in distribution with comparatively large silicon substrate 101 of a ground and polysilicon party turn 102 being shown, although distribution is not shown for most refractive indexes of a silicon oxide 103. About what carried out the Fourier transform of the spectrum of drawing 5 (A) and (b), it is drawing 5. — It is shown in (A) and (c). However, in drawing 5 (A) and (c), after taking the square of the absolute value of the complex spectrum acquired by the Fourier transform, it is interpolating by the 3-dimensional spline curve. The horizontal axis of drawing 5 (A) and (c) is the dimension of the inverse number of energy. In drawing 5 (A) and (c), thickness is the same on a level difference and under a level difference, and in this energy range, since the refractive index of a silicon oxide 103 has almost no distribution, the single peak appears. That the horizontal axis is a value with one or less very large portion is a thing resulting from distribution of DC component of drawing 5 (A) and (b), and the refractive index of silicon depended on a signal with a long period very much. If it assumes that the refractive index of a silicon oxide 103 does not have distribution, it can ask for thickness using the following formula 1 from the position of the peak of drawing 5 (A) and (c).

[0033]

[Equation 1]

$$d = \frac{\frac{h}{e} \times c \times A}{2 \times n}$$

d : 膜厚

h : プランク定数 6.62618e-34(Js)

c : 真空中での光速 2.99792458e8(m/s)

e : 電子の電荷 1.60219E-19(C)

A : フーリエ変換後のスペクトルのピーク位置

n : 膜の測定波長内での平均の屈折率

[0034] From drawing 5 (A) and (a), polish is started and the reflection factor spectrum and its Fourier transform at the time of changing into the drawing 5 (B) and (a) state are shown in drawing 5 (B), (b), and drawing 5 (B) and (c). In this stage, only the film deposited on the level difference is ground, and since the film deposited on the bottom of a level difference is not ground, a peak is divided in two corresponding to each thickness. The peak from the film deposited on the bottom of a level difference is located in the same position as drawing 5 (A) and (c), and the peak from the film on a level difference is shifted to the one where a value is smaller corresponding to having been ground and having become thin.

[0035] A reflection factor spectrum and the Fourier transform as shown in drawing 5 (C) and (a), when polish furthermore progresses and the height on a level difference is in agreement with the height under a level difference are shown in drawing 5 (C), (b), and drawing 5 (C) and (c). Although the signal from the film deposited on the bottom of a level difference is located in the still same position, the signal from the film deposited on the level difference is further shifted to the direction of a low value.

[0036] A reflection factor spectrum and the Fourier transform as shown in drawing 5 (D) and (a), when polish progresses further and the film on a level difference also grinds the film under a level difference are shown in drawing 5 (D), (b), and drawing 5 (D) and (c). Since the film deposited on the bottom of a level difference is also ground, the signal from the film deposited on the bottom of a level difference is also shifted to the direction of a low value, and the signal from the film simultaneously deposited on the level difference is further shifted to the direction of a low value. That is, the moment that the film on the level difference lower part begins to be ground can be correctly grasped by always acting as the monitor of the Fourier transform spectrum.

[0037] Polish progresses further and the reflection factor spectrum and its Fourier transform at the time of reaching target remnants thickness, as shown in drawing 5 (E) and (a) are shown in drawing 5 (E), (b), and drawing 5 (E) and (c).

[0038] As mentioned above, even when grinding the film deposited on the substrate which formed the uneven level difference by advancing polish, always acting as the monitor of the position of the peak after the Fourier transform of a reflection factor spectrum, and converting into \*\*\*\* thickness by the formula 1, it can act as the monitor of the absolute value of thickness, and the terminal point of polish can be detected correctly. Incidentally, the sampling period of the spectrum after the Fourier transform is difficult for identifying a peak position with a sufficient precision depending on the measurement energy range of a reflection factor spectrum, when a measurement energy range is narrow. In this example, after taking the square of the absolute value of the complex spectrum acquired by the Fourier transform, it interpolates by the 3-dimensional spline curve, and the work which reads a peak position correctly is carried out, it is in measuring range, and when not changing a membranous refractive index, it is possible to calculate the absolute value of thickness in the precision of about about 0.05 micrometers.

[0039] In this example, although the level difference showed one step of case, the thickness method of detection of this invention can be applied, not only when a level difference is one step, but when a level difference is two steps of three steps.

[0040] In this example, since it is necessary to measure thickness on real time, the combination of a spectroscope and a multichannel light sensitive cell is needed for measurement of a reflection factor spectrum. furthermore, the case where a certain pixel arranged to \*\* on the other hand is used for the luminous-intensity detection by which wavelength decomposition was carried out with the spectroscope since the pixel is arranged [ rather than ] by two-dimensional using a single dimension light sensitive cell like a tie ODO array as a multichannel light sensitive cell by the CCD camera with desirable using two-dimensional detectors, such as a CCD camera, — already — the array of one direction can be used for other uses. In the examples 2 and 3, since it is characterized by grinding acting as the monitor of the thickness in respect of the plurality within a substrate side, two or more single dimension light sensitive cells are needed. By using a CCD camera, work equivalent to about the same poor thing as plurality can be performed for a single dimension optical detector by one element, and a large reduction of curtailment of cost and equipment size is attained simultaneously. Moreover, since a single element is used, the precision of the detection thickness between each thickness detection head is sharply improvable.

[0041]

[Effect of the Invention] It will be as follows if the effect acquired by the typical thing among invention indicated in this invention is explained briefly.

[0042] It is possible to always grind the desired amount of polishes, without being influenced by aging of a polish head since it is possible to detect the thickness of the film always deposited on the substrate during polish according to this invention. Moreover, since the space on most front faces of a substrate is exposed by using a polish head sufficiently smaller than a substrate, while grinding the thickness distribution within a substrate side, computing on that spot is possible by using the thickness detection equipment which was made to move the detection head section of thickness detection equipment in a substrate top, or was equipped with two or more thickness detection head sections. Based on the thickness distribution within the aforementioned substrate side, it becomes possible by controlling the aforementioned polish head to also grind uniformly the film deposited on the substrate which curved how. That is, when grinding only a periphery preferentially when the substrate has curved in concave, or having curved in the convex, it can prevent grinding only a core preferentially. The fall of the polish speed by using a small head by using further two or more polish heads is prevented, and a polish speed of the same grade as a conventional method can be obtained, having the feature which was excellent in the above.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** (a) is the plan showing some polishing equipments used for implementation of the polish method of the 1st example of this invention.

(b) is this cross section.

**[Drawing 2]** (a) is the plan showing some polishing equipments used for implementation of the polish method of the 2nd example of this invention.

(b) is this cross section.

**[Drawing 3]** (a) is the plan showing some polishing equipments used for implementation of the polish method of the 3rd example of this invention.

(b) is this cross section.

**[Drawing 4]** The cross section of the substrate which deposited the silicon oxide after forming the level difference of contest polysilicon on a silicon substrate

**[Drawing 5]** (A) grinds the state before polish and (B) grinds 1 micrometer (C) after 0.5-micrometer polish. The state at the time of the state from which the substrate front face became common, and (D) grinding 2.0 micrometers (E) after 0.5-micrometer polish, and reaching target remnants thickness is shown. It is the spectrum view which asked for the square of an absolute value after, as for (a), the substrate cross section which polish follows on progressing, and (b) carried out the spectrum view of the reflection factor of a substrate and (c) carried out the Fourier transform of the spectrum of the reflection factor of a substrate, and was interpolated by the 3-dimensional spline curve after that.

**[Drawing 6]** The cross section showing some conventional polishing equipments

**[Description of Notations]**

11 Silicon Substrate

12 Polish Head

13 Substrate Maintenance Turntable

14 Head Section of Thickness-Measurement Equipment

---

**[Translation done.]**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

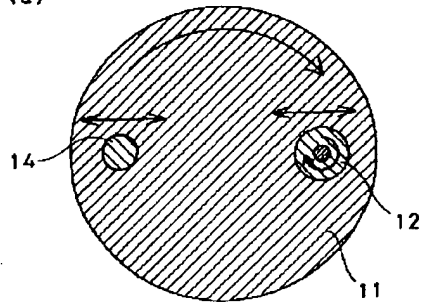
---

DRAWINGS

---

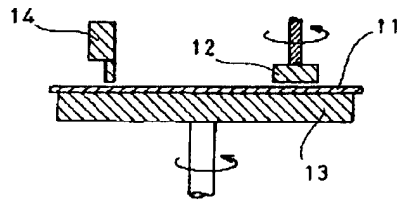
[Drawing 1]

(a)



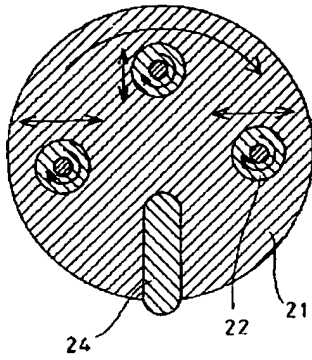
- 11 シリコン基板
- 12 研磨ヘッド
- 13 基板保持ターンテーブル
- 14 膜厚測定装置のヘッド部

(b)

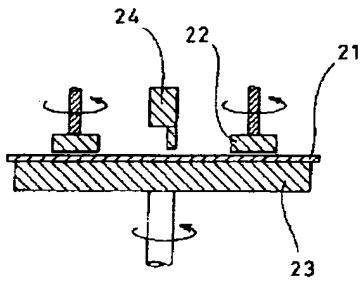


[Drawing 2]

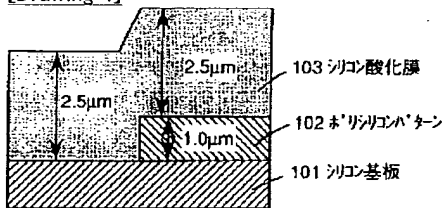
(a)



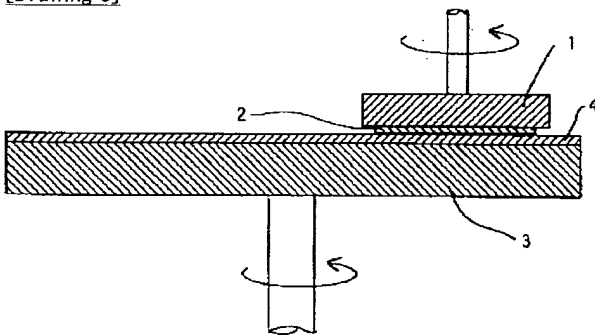
(b)



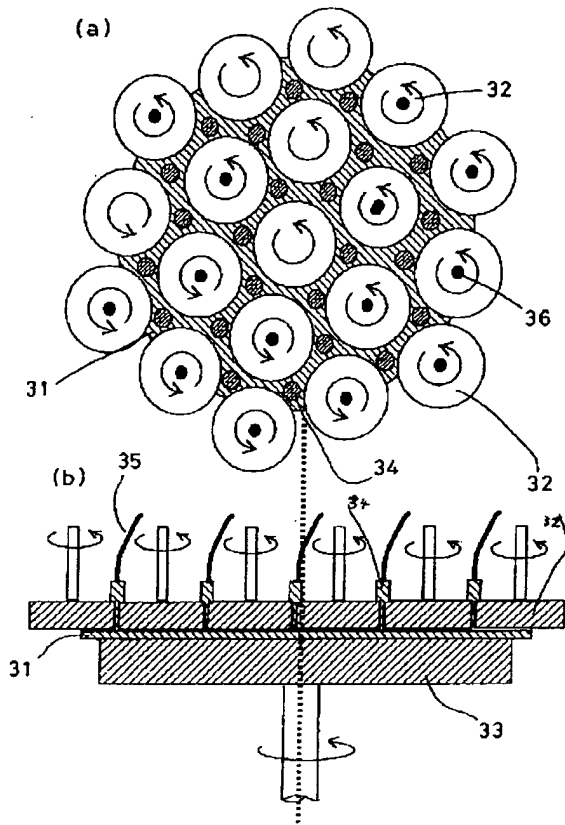
[Drawing 4]



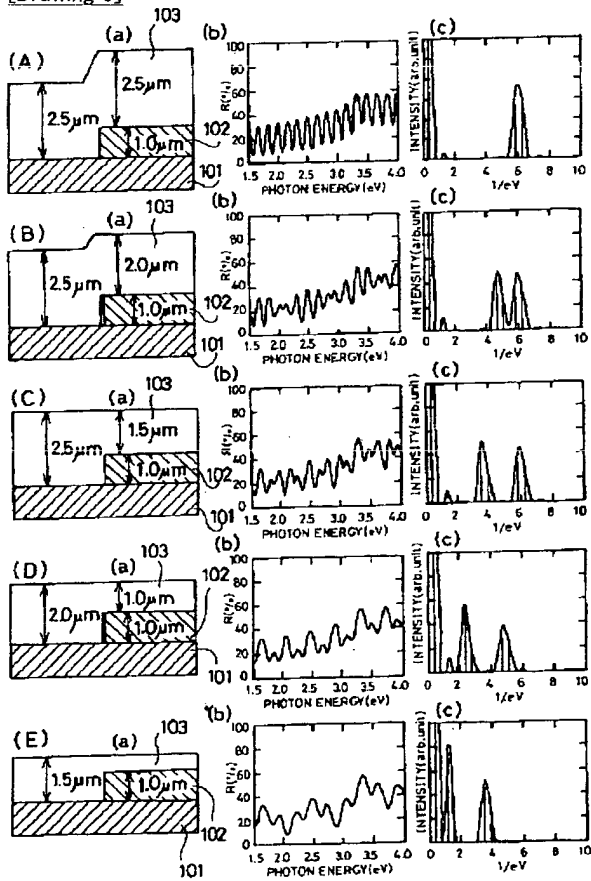
[Drawing 6]



[Drawing 3]



[Drawing 5]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-252113

(43)公開日 平成6年(1994)9月9日

(51)IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/304	3 2 1 S	8832-4M		
	M	8832-4M		
B 2 4 B 37/04	D	7528-3C		
G 0 1 B 11/06	Z	8708-2F		
H 0 1 L 21/66	P	7630-4M		

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-37627

(22)出願日 平成5年(1993)2月26日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 藤井 稔

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 西尾 幹夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 野村 登

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

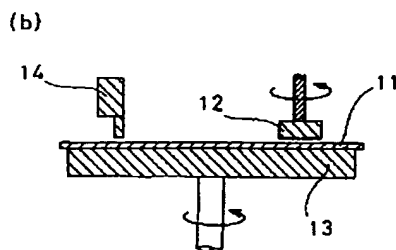
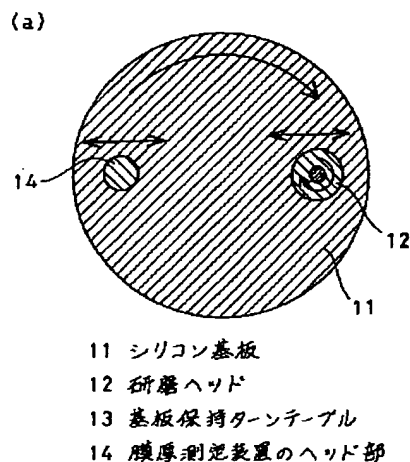
(74)代理人 弁理士 森本 義弘

(54)【発明の名称】 半導体基板の平坦化方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 基板より十分に小さい単数又は複数の研磨ヘッドを備えた研磨装置により、凹凸パターンを形成した基板上に堆積した膜の膜厚を常にモニターしながら前記膜を研磨し、基板表面を平坦化する。

【構成】 自転する基板保持ターンテーブル13上に、凹凸パターンを形成後膜堆積を行ったシリコン基板11を主面を上にして接着した後、自転する研磨ヘッド12を圧接させながら、その半径方向に移動させて前記主面を研磨する。研磨中、膜厚検出装置の検出ヘッド部14は、基板上で常に研磨ヘッドと同一の円周上に位置するように制御されているため、円周上の平均の膜厚は常に膜厚測定装置によってモニターされている。膜厚データはコンピュータに送られ、それをもとに研磨ヘッドの位置、及び研磨ヘッドによる研磨量を制御しながら、基板の外周部から中心部、もしくは基板の中心部から外周部に向かって研磨を進める。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 凸凹パターンを形成した基板表面に膜を堆積した後、前記膜の膜厚を常に検出しながら、前記基板より小さい研磨ヘッドをもった研磨装置により、回転する前記基板上的前記膜を研磨し、前記基板表面を平坦化することを特徴とする半導体基板の平坦化方法。

【請求項2】 自転しながら基板の半径方向に移動することによって前記基板の研磨を行う前記基板より小さい研磨ヘッドの位置と、膜厚測定装置の検出ヘッド部の位置が、常に前記基板上的同一円周上にあるように、前記膜厚測定装置の検出ヘッド部の位置をコントロールすることを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項3】 膜厚測定装置の検出ヘッド部を、基板上的研磨ヘッドの位置に関係なく基板の半径方向に基板の移動速度より早く往復運動させながら膜厚を測定することにより、基板面内の膜厚分布を常にモニターすることを特徴とする請求項2記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項4】 基板の半径方向に列に並んだ複数の膜厚検出ヘッドを備えた膜厚測定装置により、基板面内の膜厚分布を常にモニターすることを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項5】 研磨ヘッドを複数個備えたことを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項6】 複数の研磨ヘッドを移動させず、自転のみを行うようにしたことを特徴とする請求項5記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項7】 複数の研磨ヘッドの中心軸が、基板の中心軸と重ならないようにしたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項8】 複数の研磨ヘッドを基板上に密に敷き詰めたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項9】 基板を自身の回転のみならず公転させるようにしたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項10】 複数の検出ヘッド部を備えた膜厚測定装置の各検出ヘッド部を基板上に研磨ヘッドが存在しない任意の位置に設置し、前記膜の膜厚分布を常に検出しながら研磨を行うことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項11】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドの回転数を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項12】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドにかかる圧力を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項13】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、

複数の研磨ヘッドから前記基板表面上に供給する研磨剤を含む水溶液の供給量を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項14】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドの温度を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項15】 凹凸パターンをもつ基板上に白色光を照射し、前記基板の反射率の波長依存性を求めた後、前記反射率のスペクトルをフーリエ変換することにより、前記反射スペクトルを前記凹凸パターンの凸部に堆積した膜からの反射率スペクトルと、前記で凹凸パターンの凹部に堆積した膜からの反射率スペクトルに分離し前記凹凸パターンの凹部に堆積した膜の膜厚および凸部に堆積した膜の膜厚を同時に測定することを特徴とした請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造における平坦化工程に関する。

### 【0002】

【従来の技術】LSIの集積度が向上し素子の微細化が進むにつれ、素子製造工程はますます3次元的になり、半導体の基板に必要とされる加工寸法と同等またはそれ以上の高さの段差が形成されるようになる。基板にこのような急峻で複雑な形状をもつ段差をそのまま基板に残しておくと、次に示すような様々な問題が生じる。

【0003】(1) フォトリソグラフィ工程で段差部の上下で最適な焦点位置が異なるため、パターン精度が劣化する。

(2) エッチング工程では異方性エッチングを用いるため、段差部での膜厚が厚くなると、エッチング残りを生じやすい。

【0004】(3) スパッタ法などで配線材の金属の堆積を行うと、段差部での膜の被覆率が低下し、配線の信頼性が低下する。

このような問題を解決するために、LSI製造工程においては、基板に段差をなくし表面を平坦化しながら加工を進める技術がますます重要となりつつある。

【0005】従来の平坦化法としては主に、塗布法(SOG(Spin on Glass))、流動化法(BPSGフロー)、エッチバック法などが用いられてきた(たとえば古川静二郎 超微細加工入門 オーム社 1989)。しかしながら、これらの方法では、局所的には比較的平坦な表面を得ることができるが、数mmにわたる比較的広い範囲では満足できる平坦度は得られていなかった。また、最近のLSIの高集積化にともない、局所的な平坦度に関しても、満足できるものではなくなりつつある。

【0006】広範囲にわたって平坦な表面を得る方法として、化学機械研磨をもちいる方法が注目されている（たとえばS. Sivaram et al. Solid State Tech. May 1992 p. 87）。この方法は、パターンを形成した半導体基板表面に膜を堆積した後、研磨により凸部を削り落とし、表面を平坦化するという原理的には非常に簡単なものである。現在、この方法により、半導体表面に堆積された各種金属（Al, W, Cu）、酸化物などが基板表面の非常に広範囲にわたって平坦に研磨されることが示されている。

【0007】以下図面を参照しながら、上記の化学機械研磨による平坦化方法の一例について説明する。図6には上記の化学機械研磨に用いられる研磨装置の要部が示されている。

【0008】図6において符号1は基板押え治具を示しており、この基板押え治具1の下面には、膜堆積、フォトリソグラフィ、ドライエッチングの繰り返しで微細凸凹パターンを形成した後、全面に膜を堆積した基板2が、たとえば真空吸着により着脱可能に接着されている。一方基板押え治具1の下方に位置するターンテーブル3の上面には研磨布4が設けられている。前記基板押え治具1によって基板2の研磨布4に圧接させるとともに、ターンテーブル3および基板押え治具1を回転させることにより、基板押え治具1の下面に接着されている基板2の主面を研磨する。その際、研磨布4に対しては、スラリーとして、例えばシリコン酸化膜研磨の際には、弱アルカリ性のコロイダルシリカなどの研磨剤を含む水溶液が供給される。またターンテーブル3上の研磨パッドとしては、ポリウレタンパッドなどが用いられる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような研磨方法では、種々の工程を経た基板2を大量に、しかも精度よく研磨することは非常に難しい。通常上記のような研磨装置を利用した研磨にあつては、研磨布4自身の経時変化によって、研磨が進むにつれて研磨速度が低下するという問題が生じる。そのため、基板2を一枚処理することに、研磨布4を再生したり、研磨速度の低下を考慮し経験的に研磨時間を増加させるなどの操作が必要になるが、いずれの場合も、制御性は良いとはいえない。制御性を上げるためには、研磨中にその場で基板2上の膜の膜厚を検出する必要がある。しかしながら上記のような構成では、基板2の主面の全面が研磨布4に接しているため、研磨中に基板2の主面上に堆積された膜の膜厚を測定することができない。

【0010】さらに、種々の工程を経た基板2は、一般に凸または凹に反っているが、上記のような研磨装置では、反った基板2上に堆積した膜を均一に研磨することはできず、たとえば凸に反った場合であると基板2の中

心部のみを選択的に研磨することになる。

【0011】本発明は、かかる点を鑑みなされたもので、半導体の基板表面に堆積した膜を研磨する、研磨布の経時変化に影響されない、非常に制御性のよい研磨を行うことを特徴とする基板の平坦化方法を提供することを目的としている。さらに、本発明は、基板が凸または凹に反っている場合でも、反った基板上に堆積した膜を均一に研磨することができる基板の平坦化方法を提供することを目的としている。

【0012】この発明のそのほかの目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明かなるであろう。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、半導体の基板より小さい研磨ヘッドを備えた研磨装置により、前記基板を研磨する。基板上には研磨ヘッドが存在しない領域が存在し、その部分を利用して研磨中にその場で膜厚を測定し、研磨の終点を正確に検知する。

【0014】さらに本発明では、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用い、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場でモニターしながら研磨を行う。前記膜厚分布データをもとに、研磨ヘッドの位置、研磨ヘッドにかかる圧力などをコントロールしながら前記膜を研磨する。さらに本発明では、基板より小さい研磨ヘッドを複数個同時に用いる。さらに本発明では、自転のみを行う基板より十分小さい複数の研磨ヘッドを基板上に敷き詰めて研磨する。

【0015】

【作用】本発明によれば、研磨中に常に基板上に堆積した膜の膜厚を検出することが可能であるため、研磨ヘッドの経時変化に左右されることなく、常に所望の研磨量を研磨することが可能である。また、研磨ヘッドは基板より十分小さく、基板表面の大部分の空間が露出しているため、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の膜厚検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用いて、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場で算出することが可能である。前記基板面内の膜厚分布をもとに、前記研磨ヘッドの位置および、前記研磨ヘッドによる研磨量をコントロールし、どのように反った基板上に堆積した膜も均一に研磨することが可能になる。つまり、基板が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。さらに複数の研磨ヘッドを用い、小さいヘッドを用いることによる研磨速度の低下を防止し、上記の優れた特徴を備えながら、従来法と同程度の研磨速度を得る。

【0016】

【実施例】（実施例1）以下図面を参照して本発明の一

実施例を説明する。

【0017】図1には、本発明で用いられる研磨装置の要部が示されている。図1において符号13は基板保持ターンテーブルを示している。基板保持ターンテーブル13上には、膜堆積、フォトリソグラフィ、エッチングの繰り返しにより凸凹パターンを形成した後膜堆積を行った直径150mmもしくは200mmのシリコン基板11がたとえば真空吸着により接着されている。本実施例においては、基板保持ターンテーブル13は自転のみを行うよう設計されている。一方シリコン基板11の上面にはシリコン基板11より十分小さい、たとえば直径50mmの研磨ヘッド12が配置されている。研磨ヘッド12は自転を行いながらシリコン基板11の半径方向に移動できる構造になっている。一方、シリコン基板11上の研磨ヘッド12と対称の位置には膜厚測定装置の検出ヘッド部14が設置される。膜厚測定装置の検出ヘッド部14は、研磨ヘッド12のシリコン基板の半径方向への動きに同期して、シリコン基板の半径方向に移動するように構成されている。

【0018】次に、この装置を用いての研磨による平坦化の手順を述べる。基板保持テーブル13に接着したシリコン基板11の主面に、研磨ヘッド12を圧接させるとともに、研磨ヘッド12を自転させ、シリコン基板11上をシリコン基板11の半径方向に移動させることにより、シリコン基板11の主面を研磨する。このとき、基板保持テーブル13の自転も同時に行う。シリコン基板11上に堆積したシリコン酸化膜を研磨する場合、研磨剤としては、たとえばコロイダルシリカを水溶液中に分散させ、KOHで弱アルカリ性にPH調整されたものが用いられる。研磨剤は、研磨ヘッド12の中心からシリコン基板11上に供給する。また研磨ヘッド12の研磨面には、たとえばポリウレタンパッドを取りつけ、これを研磨布とする。研磨中、膜厚検出装置の検出ヘッド部14は、シリコン基板11上で常に研磨ヘッド12と同一の円上に位置するようにコントロールされているため、シリコン基板11上の研磨ヘッド12が存在する円周上の平均の膜厚は常に膜厚測定装置によってモニターされている。膜厚検出装置により得られた膜厚データはコンピュータに送られ、コンピュータは前記膜厚データをもとに研磨ヘッド12の位置、研磨ヘッド12にかかる圧力、研磨ヘッド12の回転数、研磨ヘッド12から供給する研磨剤の量、研磨ヘッド12の温度などをコントロールしながら、シリコン基板11の外周部から中心部、もしくはシリコン基板11の中心部から外周部に向かって研磨を進める。

【0019】本実施例によれば、シリコン基板11上の実際に研磨している円周部の平均の膜厚を常に取得しつつ研磨をおこなっているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、本実施例のもう一つの特徴としては、シリコン基板11より十分小

さい研磨ヘッド12を用いて、研磨部分の膜厚を常に取得しながら研磨しているため、平坦なシリコン基板11上に堆積した膜のみならず、凸または凹に反ったシリコン基板11上に堆積した膜をも、シリコン基板11の形状に反った形で平坦に研磨することができる。つまり、シリコン基板11が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合に中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。

【0020】本実施例において、研磨ヘッド12をシリコン基板11の外周部から中心部、もしくはシリコン基板11の中心部から外周部に向かって一度だけ動かし研磨を行うのではなく、一往復につき目標研磨膜厚の1/100程度研磨しながら、研磨ヘッド12のシリコン基板11の半径方向への移動を繰り返し行うことにより、より平坦に研磨することができる。

【0021】本実施例においては、膜厚測定装置の検出ヘッド部14を、研磨ヘッド12の位置と同期して移動させ、常に検出ヘッド部14が研磨ヘッド12とシリコン基板11上の同一円周上に存在するようにコントロールした。研磨のポイントと同一円周上での平均の膜厚をモニターするもう一つの方法として、膜厚検出ヘッド部14の位置を研磨ヘッド12の位置と同期せず、たとえば研磨ヘッド12の移動速度の10倍程度の速度でシリコン基板11上を半径方向に向かって膜厚を常にモニターしながら往復運動させる方法がある。この方法によると、現在研磨中の円周上での膜厚のみならず、シリコン基板11上での膜厚分布が得られ、シリコン基板11全体に渡っての研磨の状況を把握しながら研磨を進めることが可能であるため、研磨後のシリコン基板11の平坦性をより高めることができる。

【0022】さらに、前記高速で移動する膜厚の検出ヘッド14部のかわりに、シリコン基板11の半径方向に、複数の膜厚検出ヘッド部14を備えた膜厚測定装置の検出ヘッド部14を一行に並べることにより、基板11上での膜厚分布がリアルタイムで得られ、シリコン基板11全体にわたっての研磨の状況を把握しながら研磨を進めることが可能であるため、研磨後のシリコン基板の平坦性をより高めることができる。

(実施例2) 実施例1の基板の研磨方法は、非常に簡便な方法で、研磨の終点を正確に判定できる非常に優れた方法である。しかしながら、研磨ヘッドが小さいため研磨速度が従来例より低下する。本実施例は、実施例1の全ての特徴を備えながら、研磨速度を向上させる研磨方法に関するものである。

【0023】図2には、本発明で用いられる研磨装置の要部が示されている。装置の構成は実施例1の研磨装置(図1)とほぼ同等である。実施例1との違いとしては、研磨ヘッド22が3つ存在し、それぞれが独立に制御されている。各研磨ヘッド22はシリコン基板21の半径方向に自由に移動できるように設計されており、そ

れそれがシリコン基板 2 1 上の同一円周上に存在すること、任意の位置に位置することも可能である。また、膜厚検出装置としては、実施例 1 記載の、複数の研磨ヘッドを備えた膜厚測定装置を用いており、膜厚検出ヘッド列 2 4 がシリコン基板 2 1 の半径方向に配置されている。

【0024】この装置を用いての研磨による平坦化の手順は、研磨ヘッド 2 2 が 3 つ存在すること以外は基本的には実施例 1 と同等である。シリコン基板 2 1 上の膜の膜厚分布は、複数の検出ヘッド列 2 4 を備えた膜厚測定装置によりリアルタイムでモニターされている。前記膜厚分布データをもとに、各研磨ヘッド 2 2 の位置、各研磨ヘッド 2 2 にかかる圧力、各研磨ヘッド 2 2 の回転数、温度、各研磨ヘッド 2 2 から供給する研磨剤の量などを独立に制御し、シリコン基板 2 1 を平坦に研磨する。

【0025】本実施例によれば実施例 1 と同様、シリコン基板 1 1 上の実際に研磨している円周部の膜厚を常に取得しつつ、膜厚データを研磨ヘッド 2 2 のコントロール部にフィードバックをかけているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、シリコン基板 2 1 より十分小さい研磨ヘッド 2 2 を用いて、研磨部分の膜厚を常に取得しながら研磨しているため、平坦なシリコン基板 2 1 上に堆積した膜のみならず、凸または凹にそったシリコン基板 2 1 上に堆積した膜をも、シリコン基板 2 1 の形状に反った形で平坦に研磨することができる。さらに、研磨ヘッド 2 2 を複数備えているため、実施例 1 の研磨方法より研磨速度を大幅に高めつつ、上記性能を維持させることができる。

【0026】本実施例では、研磨ヘッド 2 2 が 3 個の場合を示したが、研磨ヘッド 2 2 の数は、膜厚測定装置のヘッド部の列 2 4 が設置でき、個々の研磨ヘッド 2 2 の動きが互いに干渉されない限り、何個でもよく、研磨ヘッド 2 2 の数が増加するほど研磨速度は向上する。

（実施例 3）実施例 1 および実施例 2 の研磨方法は、研磨の終点を正確に検知できることおよび凸または凹に反ったシリコン基板上に堆積した膜をも、シリコン基板の形状に反った形で平坦に研磨することができるという優れた特徴を持っている。本実施例は、実施例 1 および 2 の研磨方法をさらに進化させ、凸または凹に反ったシリコン基板上に堆積した膜のみならず、表面がより複雑に凸凹したシリコン基板（たとえば凸または凹に反ってるシリコン基板でも、凸または凹の中心がシリコン基板の中心からずれているシリコン基板）を、より高速に平坦化するシリコン基板の平坦化方法である。以下図面を参照して本実施例を説明する。

【0027】図 3 には、本実施例で用いられる研磨装置の要部が示されている。図 3 において符号 3 3 は基板保持ターンテーブルを示している。基板保持ターンテーブル 3 3 上には、膜堆積、フォトリソグラフィ、エッチ

ングの繰り返しにより凸凹パターンを形成した後膜堆積を行った直径 200mm のシリコン基板 3 1 が、たとえば真空吸着により接着されている。一方シリコン基板 3 1 の上面には複数の研磨ヘッド 3 2 がシリコン基板 3 1 の全面を覆う形で密に敷き詰められている。個々の研磨ヘッド 3 2 の直径は、たとえば 40mm 程度とする。実施例 1 および 2 とは異なり、個々の研磨ヘッド 3 2 は自転のみを行ない、その研磨ヘッド中心軸 3 6 は固定されている。研磨剤は、個々の研磨ヘッド 3 2 の中心部からシリコン基板 3 1 の表面に供給される。各研磨経度 3 2 と研磨ヘッド 3 2 のすきまには、膜厚検出機の検出部 3 4 が備え付けられており、各ポイントでの膜厚をリアルタイムで測定する。

【0028】次に、この装置を用いての研磨による平坦化の手順を述べる。基板保持ターンテーブル 3 3 上に接着したシリコン基板 3 1 の主面に、シリコン基板 3 1 上に敷き詰められた複数の研磨ヘッド 3 2 を圧接させるとともに、個々の研磨ヘッド 3 2 を自転させ、シリコン基板 3 1 の主面を研磨する。研磨の際、本実施例の特徴の一つとして、基板保持テーブル 3 3 を自転のみならず公転もさせることにより、シリコン基板 3 1 の主面をより均一に研磨する。研磨の際の研磨剤としては、たとえばシリコン酸化膜を研磨する場合は、コロイダルシリカを水溶液中に分散させ、KOH なので弱アルカリ性に PH 調整されたものが用いられる。また、研磨ヘッド 3 2 の研磨面には、たとえばポリウレタンパッドが接着され研磨布として用いられる。研磨中、シリコン基板 3 1 上の各ポイントでの膜厚は複数の検出ヘッド部 3 4 をもった膜厚検出装置によってモニターされている。膜厚検出装置によって得られた膜厚データはコンピュータに送られ、コンピュータはシリコン基板 3 1 の自転および公転のデータから各測定ポイントのシリコン基板 3 1 上での位置を計算し、シリコン基板 3 1 上での膜厚分布データをリアルタイムで算出する。コンピュータは、前記膜厚分布データをもとに、個々の研磨ヘッド 3 2 にかかる荷重を変化させながらシリコン基板 3 1 を平坦に研磨する。

【0029】本実施例によれば実施例 1 および 2 と同様、シリコン基板 3 1 上の膜の膜厚を常に取得しつつ、膜厚データを研磨ヘッド 3 2 のコントロール部にフィードバックをかけているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、個々のシリコン基板 3 1 より十分小さい研磨ヘッド 3 2 を移動させず、シリコン基板 3 1 上のある位置に固定することにより、シリコン基板 3 1 上の研磨ヘッド 3 2 と研磨ヘッド 3 2 の間に膜厚検出装置のヘッド部 3 4 を設置することが可能になる。各検出ヘッド部 3 4 からの信号の取得タイミングとシリコン基板 3 1 の自転スピードおよびシリコン基板 3 1 の公転半径とスピードをコンピュータで処理することにより、シリコン基板 3 1 上の膜厚測定ポイントを正



確に同定することができ、シリコン基板 3 1 上の各円周上での平均の膜厚のみならず、シリコン基板 3 1 上の各ポイントでの膜厚を測定することが可能になる。得られたシリコン基板 3 1 上での膜厚分布にもとずいて、各研磨ヘッド 3 2 にかかる圧力をコントロールすることにより、平坦なシリコン基板 3 1 上の膜はいうに及ばず、凸または凹に反ったシリコン基板 3 1 上に堆積した膜のみならず、より複雑な表面形状をもったシリコン基板 3 1 (たとえば凸や凹の反っている場合でも凸や凹の中心がシリコン基板 3 1 の中心からずれているようなシリコン基板 3 1) 上に堆積した膜も、シリコン基板 3 1 表面の形状に反った形で平坦に研磨することができる。さらには、研磨ヘッド 3 2 を密に敷き詰めているため、研磨速度を大幅に高めることができる。

【0030】なお、本実施例において、個々の研磨ヘッド 3 2 ごとの研磨速度制御の方法として、個々の研磨ヘッド 3 2 にかかる圧力を変化させたが、個々の研磨ヘッド 3 2 の回転数を変化させることによっても個々の研磨ヘッド 3 2 による研磨速度をコントロールすることができる。また、個々の研磨ヘッドから、ウェハーに供給するスラリーの量をコントロールすることによっても、個々の研磨ヘッド 3 2 による研磨速度をコントロールすることができる。また、個々の研磨ヘッド 3 2 にヒーターを備え、前記ヒーターの温度をコントロールすることによっても、個々の研磨ヘッド 3 2 による研磨速度をコントロールすることができる。さらには、上記個々の研磨ヘッド 3 2 にかかる圧力、個々の研磨ヘッド 3 2 の回転数、個々の研磨ヘッド 3 2 からシリコン基板 3 1 に供給するスラリーの量、個々の研磨ヘッド 3 2 の温度のコントロールを複数組み合わせることにより、個々の研磨ヘッド 3 2 による研磨速度をコントロールすることができる。

【0031】上記、実施例 1、2、3 において、いずれの場合も研磨中にシリコン基板上の膜の膜厚をモニターしながら研磨をおこなっている。シリコン基板に凸凹パ

ターンが形成され、その上に膜が堆積してある場合の膜厚検出は比較的困難である。次に、本実施例で用いた膜厚検出法を示す。図 4 に示すように、シリコン基板 1 0 1 上に、高さ  $1\mu\text{m}$  のポリシリコンパターン 1 0 2 を形成し、その上に厚さ  $2.5\mu\text{m}$  のシリコン酸化膜 1 0 3 を形成した基板を研磨する。目標残し膜厚はポリシリコンパターン上で  $0.5\mu\text{m}$  とする。

【0032】光源としてたとえばタングステンランプなどの白色光源を用い、よく知られている通常の方法により、基板の反射率のスペクトルを測定する。図 5 (A)

(b) は図 4 のパターンから得られる反射率スペクトルである。本実施例では、入射光のエネルギーとして、

1.5 eV から 4 eV の範囲を用いた。エネルギーが増加するにともない反射率が振動しながら増加しているのは、このエネルギー範囲では、シリコン酸化膜 1 0 3 の屈折率ほとんどを分散を示さないが、下地のシリコン基板 1 0 1 およびポリシリコンパターン 1 0 2 が比較的大きい分散を示すことに起因する。図 5 (A) (b) のスペクトルをフーリエ変換したものを、図 5 - (A)

(c) にしめす。ただし、図 5 (A) (c) では、フーリエ変換により得られた複素数スペクトルの絶対値の 2 乗をとった後、3 次元スプライン曲線により補間を行っている。図 5 (A) (c) の横軸はエネルギーの逆数のディメンジョンになっている。図 5 (A) (c) において、段差上と段差下で膜厚が同じであり、また、このエネルギー範囲ではシリコン酸化膜 1 0 3 の屈折率はほとんど分散を持たないため、単一のピークが表れている。横軸が 1 以下の部分が非常に大きい値になっているのは、図 5 (A) (b) の DC 成分や、シリコンの屈折率の分散に起因する非常に周期の長い信号によるものである。シリコン酸化膜 1 0 3 の屈折率が分散を持たないと仮定すると、図 5 (A) (c) のピークの位置から下記式 1 を用いて膜厚を求めることができる。

【0033】

【数 1】

$$d = \frac{\frac{h}{e} \times c \times A}{2 \times n}$$

d : 膜厚

h : プランク定数  $6.62618 \times 10^{-34} (\text{Js})$

c : 真空中での光速  $2.99792458 \times 10^8 (\text{m/s})$

e : 電子の電荷  $1.60219 \times 10^{-19} (\text{C})$

A : フーリエ変換後のスペクトルのピーク位置

n : 膜の測定波長内での平均の屈折率

【0034】図 5 (A) (a) から、研磨を開始し、図 5 (B) (a) 状態になった場合の、反射率スペクトル

とそのフーリエ変換を図 5 (B) (b)、図 5 (B)

(c) に示す。この段階では、段差上に堆積した膜のみ

研磨され、段差下に堆積した膜は研磨されないため、それぞれの膜厚に対応してピークが2つに分裂する。段差下に堆積した膜からのピークは図5(A)(c)と同じ位置に位置し、段差上の膜からのピークは研磨され薄くなったことに対応して値の小さい方にシフトする。

【0035】さらに研磨が進み図5(C)(a)のように、段差上の高さが段差下の高さとも一致した場合の反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(C)(b)、図5(C)(c)に示す。段差下に堆積した膜からの信号は、依然同じ位置に位置しているが、段差上に堆積した膜からの信号はさらに低い値の方にシフトしている。

【0036】研磨がさらに進み図5(D)(a)のように、段差上の膜も段差下の膜も研磨した場合の反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(D)(b)、図5(D)(c)に示す。段差下に堆積した膜も研磨されているため、段差下に堆積した膜からの信号も、低い値の方にシフトし、同時に段差上に堆積した膜からの信号はさらに低い値の方にシフトする。つまり、フーリエ変換スペクトルを常にモニターすることにより、段差下部上の膜が研磨され始めた瞬間を正確に把握することができる。

【0037】研磨がさらに進み、図5(E)(a)のように目標の残し膜厚に達した場合の、反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(E)(b)、図5(E)(c)に示す。

【0038】以上のように、反射率スペクトルのフーリエ変換後のピークの位置を常にモニターし、式1により逐次膜厚に換算しながら研磨を進めることにより、凸凹段差を形成した基板上に堆積した膜を研磨する場合でも、膜厚の絶対値をモニターすることができ、正確に研磨の終点を検出することができる。ちなみに、フーリエ変換後のスペクトルのサンプリング間隔は、反射率スペクトルの測定エネルギー範囲に依存し、測定エネルギー範囲が狭い場合は、ピーク位置を精度よく同定するのは難しい。本実施例では、フーリエ変換により得られた複素数スペクトルの絶対値の2乗をとった後、3次元スプライン曲線により補間を行い、ピーク位置を正確に読み取る工夫をしており、測定範囲内で膜の屈折率が変動しない場合は、約0.05 $\mu\text{m}$ 程度の精度で膜厚の絶対値を求めることが可能である。

【0039】本実施例では、段差が一段だけの場合を示したが、本発明の膜厚検出方法は、段差が1段の場合だけではなく、段差が2段3段の場合にも適用することができる。

【0040】本実施例においては、膜厚をリアルタイムで測定する必要があるため、反射率スペクトルの測定には、分光器とマルチチャンネル光検出器の組み合わせが必要となる。さらには、マルチチャンネル光検出器としてタイオードアレーのような一次元光検出器を用いるよりも、CCDカメラなどの2次元検出器を用いることが望

ましいCCDカメラでは画素は2次元に配列されているため、分光器により波長分解された光の強度検出に、ある一方向に配列した画素を用いた場合、もう一方向の配列を他の用途に用いることができる。実施例2、3では、基板面内の複数の点で膜厚をモニターしながら研磨することを特徴としているため、一次元光検出器が複数台必要になる。CCDカメラを用いることにより、一次元光検出器を複数並べたものと同等の働きを一素子で行うことができ、コストの削減と装置サイズの大幅な縮小を同時に達成する。また、単一の素子を用いるため、各膜厚検出ヘッド間の検出膜厚の精度を、大幅に改善することができる。

#### 【0041】

【発明の効果】本発明において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

【0042】本発明によれば、研磨中に常に基板上に堆積した膜の膜厚を検出することが可能であるため、研磨ヘッドの経時変化に左右されることなく、常に所望の研磨量を研磨することが可能である。また、基板より十分小さい研磨ヘッドを用いることにより、基板表面の大部分の空間が露出しているため、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の膜厚検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用いることにより、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場で算出することが可能である。前記基板面内の膜厚分布をもとに、前記研磨ヘッドをコントロールすることにより、どのように反った基板上に堆積した膜も均一に研磨することが可能になる。つまり、基板が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。さらに複数の研磨ヘッドを用いることにより、小さいヘッドを用いることによる研磨速度の低下を防止し、上記の優れた特徴を備えながら、従来法と同程度の研磨速度を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の第1の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図

(b)は同断面図

【図2】(a)は本発明の第2の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図

(b)は同断面図

【図3】(a)は本発明の第3の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図

(b)は同断面図

【図4】シリコン基板上にポリシリコンの段差を形成した後、シリコン酸化膜を堆積した基板の断面図

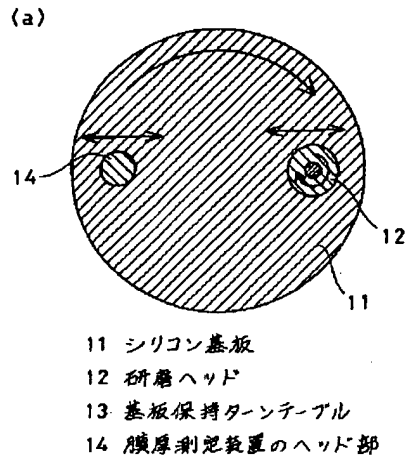
【図5】(A)は研磨前の状態、(B)は0.5 $\mu\text{m}$ 研磨後、(C)は1 $\mu\text{m}$ 研磨し、基板表面が平になった状態、(D)は0.5 $\mu\text{m}$ 研磨後、(E)は2.0 $\mu\text{m}$ 研

磨し目標残し膜厚に到達した場合の状態を示し、(a)は研磨が進むにともなう基板断面図、(b)は基板の反射率のスペクトル図、(c)は基板の反射率のスペクトルをフーリエ変換した後、絶対値の2乗を求め、その後3次元スプライン曲線により補間したスペクトル図  
【図6】従来のポリッシング装置の一部を示す断面図

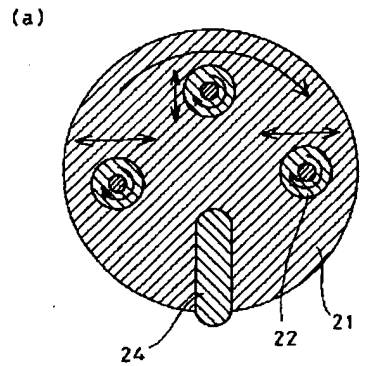
【符号の説明】

- 11 シリコン基板
- 12 研磨ヘッド
- 13 基板保持ターンテーブル
- 14 膜厚測定装置のヘッド部

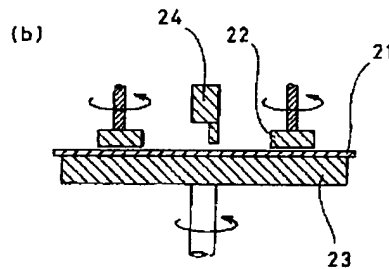
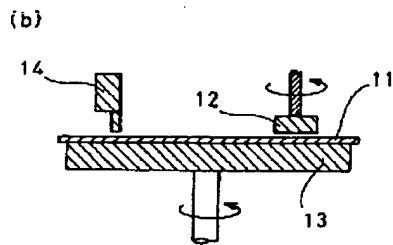
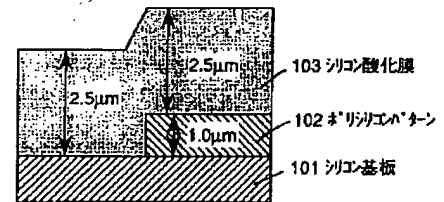
【図1】



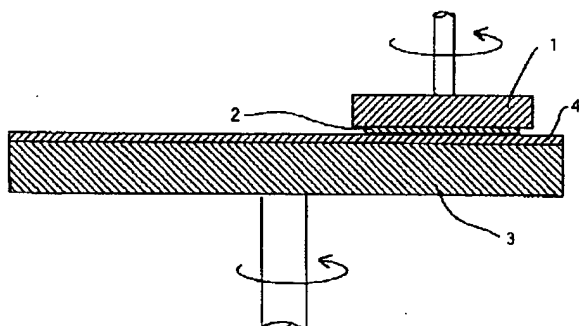
【図2】



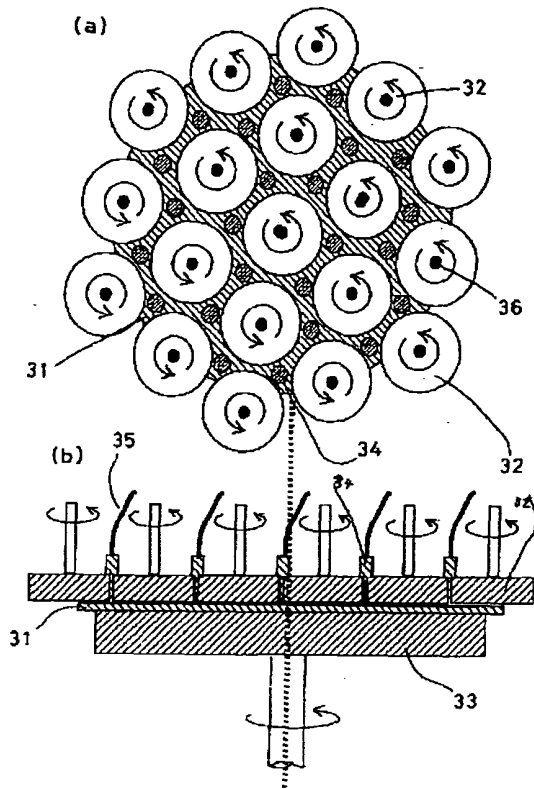
【図4】



【図6】



【図3】



【図5】

